

10 MAR 2003



10/507181

REC'D 13 MAR 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 11 001.8

Anmeldetag:

13. März 2002

Anmelder/Inhaber:

Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE

Bezeichnung:

Elektronische Schaltung und Verfahren zum Zünden
einer Hochdrucklampe sowie Beleuchtungseinrich-
tung

IPC:

H 05 B 41/288

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Summario

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Warenzeichen

Best Available Copy

BESCHREIBUNG

Elektronische Schaltung und Verfahren zum Zünden einer Hochdrucklampe sowie Beleuchtungseinrichtung

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung sowie ein Verfahren zum Zünden einer Hochdrucklampe, insbesondere einer UHP (ultra high performance) oder einer HID (high intensity discharge) Lampe. Die Erfindung betrifft ebenso eine Beleuchtungseinrichtung.

Hochdrucklampen sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden beispielsweise in Projektoren eingesetzt. Sie benötigen zur Zündung kurzzeitig eine hohe Spannung von bis zu mehreren Kilovolt. Die erforderliche Zündspannung liegt damit deutlich über der normalen Betriebsspannung der Lampe und der Lampenelektronik.

Es ist ferner aus der Praxis bekannt, für die Zündung von HID- und UHP-Lampen Resonanzkreise einzusetzen, die eine ausreichende Überhöhung der Elektronik-Betriebsspannung dadurch erreichen, dass die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises angeregt wird. Die mit einem Resonanzkreis erreichbare Überhöhung der Spannung bei einer Anregung mit einem rechteckförmigen Spannungsverlauf mit einer Frequenz entsprechend der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises beträgt dabei

$$\frac{V_{\max}}{V_{DC}} = 1 + \frac{2}{\pi} \cdot Q.$$

In dieser Gleichung ist V_{DC} die Betriebsspannung und Q der Gütefaktor des Resonanzkreises.

In der Druckschrift US 6,160,362 wird ein elektronischer Schaltkreis zum Zünden einer Hochdrucklampe beschrieben, in dem ein Resonanzkreis beispielsweise über eine Brückenschaltung mit Spannung versorgt wird. Die Brückenschaltung wird durch eine

Steuerschaltung, z.B. einen Mikrocontroller, geschaltet. Es wird vorgeschlagen, dass die Frequenz der von der Brückenschaltung zur Verfügung gestellten Spannung zunächst weit oberhalb der Resonanzfrequenz gestartet wird. Die Spannung über der Lampe wird dabei erfasst, und die Frequenz solange reduziert, bis die für die Zündung erforderliche Spannung erreicht ist. Dadurch soll erreicht werden, dass die Schaltung stets höchstens mit der zur Zündung erforderlichen Spannung betrieben wird. Bei diesem Ansatz muss allerdings sichergestellt werden, dass die Frequenz der von der Brückenschaltung zur Verfügung gestellten Spannung nicht unter die Resonanzfrequenz sinkt. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass Bauteile durch zu hohe Ströme zerstört werden. Um zu gewährleisten dass die minimal erforderliche Spannung erreicht wird und keine Reduktion der Frequenz unter die Resonanzfrequenz erfolgt, ist deshalb aufgrund der Bauteiletoleranzen eine Überdimensionierung der Schaltung erforderlich.

Vorteilhafterweise wird die Resonanz des Schwingkreises nicht mit einem rechteckförmigen Spannungsverlauf angeregt, der eine der Resonanzfrequenz entsprechende Frequenz aufweist, sondern mit einer Oberschwingung eines solchen rechteckförmigen Spannungsverlaufes. Dadurch können höhere Resonanzfrequenzen auch mit vergleichsweise langsam schaltenden Elektronikmodulen ausgenutzt werden können. Eine höhere Resonanzfrequenz resultiert in wesentlich kleineren Strömen während der Zündung, sodass kleinere Bauelemente verwendet werden können.

Bei einem Einsatz von Oberschwingungen berechnet sich das Verhältnis zwischen der maximal erreichbaren Spannung und der Betriebsspannung zu:

$$\frac{V_{\max}}{V_{DC}} = 1 + \frac{2}{k\pi} \cdot Q$$

Dabei ist k die Ordnungszahl der verwendeten Oberschwingung. Aus der Gleichung wird deutlich, dass bei Verwendung einer Oberschwingung zur Anregung des Resonanzkreises die Güte des Schwingkreises entsprechend höher sein muss, um die gleiche maximale Spannung zu erzielen.

Beträgt beispielsweise die Betriebsspannung V_{DC} 400 V und die gewünschte maximale Spannung V_{max} 5 kV, so ist bei Verwendung der dritten Oberschwingung der erforderliche Gütefaktor $Q=54$, während er bei Verwendung einer Schwingung mit der Resonanzfrequenz selber nur $Q=16$ betragen würde.

In bekannten elektronischen Schaltkreisen zur Zündung von Hochdrucklampen wird die Oberschwingung durch einen Oszillator mit fest eingestellter Frequenz zur Verfügung gestellt. Das Ausgangssignal des Oszillators schaltet dann einen Wechselrichter, an dessen Ausgang ein Resonanzkreis entsprechender Güte geschaltet ist.

Die Güte des Resonanzkreises beeinflusst aber auch die nutzbare Bandbreite des Resonanzkreises. Wenn die Resonanzfrequenz nicht genau getroffen wird, so ist die erreichte Spannung kleiner als die maximal erzielbare Spannung. Es genügt bereits ein relativer Frequenzfehler von $1/2Q$, in dem obigen Beispiel also von 0,9%, um die erreichte Spannung auf einen Wert von 71% absinken zu lassen. Bereits normale Bauteiltoleranzen erzeugen Abweichungen, die oberhalb dieser Grenze liegen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Frequenzregelung für die elektronische Speisung eines Resonanzkreises zu ermöglichen, mit der sich die Anregungsfrequenz selbstständig auf einen Bruchteil der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises einstellt. Eine hierzu eingesetzte elektronische Schaltung soll dabei robust sein, keine Überdimensionierung der eingesetzten Bauteile erfordern und verhindern, dass die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises wesentlich unterschritten wird.

25

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine elektronische Schaltung zum Zünden einer Hochdrucklampe. Die elektronische Schaltung umfasst einen Resonanzkreis zum Bereitstellen einer Zündspannung für die Hochdrucklampe und einen Wechselrichter zum Erzeugen einer Wechselspannung, mit der der Resonanzkreis angeregt wird. Die erzeugte Wechselspannung ist dabei vorzugsweise rechteckförmig.

30

Des weiteren umfasst die erfindungsgemäße elektronische Schaltung einen Oszillator zum Ansteuern des Wechselrichters. Die Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszillators soll dabei wenigstens in der Nähe eines ganzzahligen Bruchteils der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises liegen. Schließlich umfasst die erfindungsgemäße elektronische Schaltung eine Rückkopplung von dem Resonanzkreis zu dem Oszillator. Basierend auf dieser Rückkopplung wird die Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszillators so verstimmt wird, dass die resultierende Frequenz der Ausgangsspannung des Oszillators im wesentlichen genau dem erwähnten ganzzahlige Bruchteil der Resonanzfrequenz entspricht.

Des weiteren wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Beleuchtungseinrichtung gelöst, die neben der vorgeschlagenen elektronischen Schaltung eine an den Resonanzkreis der elektronischen Schaltung angeschlossene Hochdrucklampe umfasst.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ebenso gelöst durch ein entsprechendes Verfahren zum Zünden einer Hochdrucklampe mittels eines von einem Wechselrichter mit einer Wechselspannung versorgten Resonanzkreises.

Die Erfindung geht aus von dem Gedanken, dass eine Rückkopplung von dem Resonanzkreis zu dem Oszillator, dazu eingesetzt werden kann, die Frequenz einer Schwingung auf einen Bruchteil der tatsächlichen Resonanzfrequenz abzustimmen. Obwohl die tatsächliche Resonanzfrequenz eines Resonanzkreises aufgrund von Bauteiletoleranzen nicht exakt vorherbestimmt werden kann, erlaubt eine solche Rückkopplung, die dem Oszillator einen Hinweis auf die Frequenz und die Phasenlage der Schwingung in dem Resonanzkreis liefert, eine genaue Einstellung der Anregung des Resonanzkreises.

Die Grundfrequenz des Oszillators sollte dabei bereits in der Nähe eines ganzzahligen Bruchteils der Resonanzfrequenz liegen. Anderenfalls könnte sich der Oszillator durch die Rückkopplung auf einen Bruchteil oberhalb oder unterhalb des vorgesehenen Bruchteils der Resonanzfrequenz einstellen. Für eine Frequenz bei einem Bruchteil der

Resonanzfrequenz mit einer höheren Ordnung als vorgesehen, ist bei einem optimierten Schaltkreis die Güte des Resonanzkreises nicht ausreichend, sodass die erforderliche maximale Spannung nicht erreicht wird. Für eine Frequenz bei einem Bruchteil der Resonanzfrequenz mit einer niedrigeren Ordnung als vorgesehen, ist bei einem optimierten Schaltkreis eine Zerstörung der Bauteile der Schaltung zu befürchten, da
5 dann eine zu hohe Verlustleistung auftritt.

Es ist ein Vorteil der Erfindung, dass sie eine genaue und selbstständige Abstimmung der Oberschwingung auf die Resonanzfrequenz erlaubt. Dadurch wird eine robuste elektronische Schaltung ermöglicht, denn der ganzzahlige Bruchteil der Resonanzfrequenz kann abgestimmt auf eine gewünschte Güte des Resonanzkreises und auf eine ausgewählte Dimensionierung der Bauteile gewählt werden. Alternativ kann bei einem ausgewählten ganzzahligen Bruchteil der Resonanzfrequenz die Güte des Resonanzkreises auf das erforderliche Minimum beschränkt, und eine Überdimensionierung der
15 Bauteile vermieden werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltung und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

20 Die Rückkopplung sollte in der Lage sein, die hohen Spannungen von beispielsweise bis zu 5 kV möglichst ohne Verluste zu messen und auf einen Pegel zu reduzieren, der für die Verarbeitung durch übliche elektronische Kleinsignalschaltungen geeignet ist. Gleichzeitig sollte aber auch bei verhältnismäßig kleinen Spannungen eine ausreichende Rückkopplung gewährleistet sein, da sich der Resonanzkreis zunächst noch nicht in
25 Resonanz befindet und damit nur geringe Spannungen von beispielsweise 400 V liefert.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Rückkopplung deshalb über eine kapazitive Antenne, mit der die Frequenz in dem Resonanzkreis auch bei großen Spannungsdifferenzen sicher erfasst werden kann. Eine kapazitive Antenne ist
30 darüber hinaus verlustarm und macht die elektronische Schaltung unempfindlicher

gegenüber anderen kapazitiven Einflüssen, die bei den hohen Spannungen entstehen können.

Ist die elektronische Schaltung als gedruckte Schaltung ausgeführt, so wird die kapazitive Antenne dabei vorteilhafterweise durch eine entsprechende Leiterbahngestaltung ausgebildet. Eine solche Leiterbahngestaltung ist kostengünstiger und zuverlässiger als eine als separate Einheit ausgeführte Kapazität.

Zwar erlaubt es die erfindungsgemäße Schaltung, den Resonanzkreis sicher in den Resonanzbetrieb zu versetzen, die bei Resonanz resultierende, maximale Spannung ist jedoch nicht genau vorher bestimmbar. Dies liegt zum einen an den Bauteiltoleranzen, zum anderen aber auch an externen Einflüssen wie der Luftfeuchtigkeit. Außerdem steigt die maximale Spannung mit steigender Temperatur der Resonanzspule des Resonanzkreises zunächst an. Wird aber ein bestimmter Spannungswert überschritten, so kann dies zu einer Zerstörung der Bauteile des Resonanzkreises führen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen elektronischen Schaltung wird deshalb das Magnetmaterial der Resonanzspule so gewählt, dass es genau dann in Sättigung geht, wenn eine gewünschte Spannung erreicht wird. Die gewünschte Spannung ist dabei normalerweise die für die Zündung der Hochdrucklampe erforderliche Spannung. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass ein Maximalwert der Spannung von beispielsweise 5 kV nicht überschritten wird. Die Sättigung des Magnetmaterials hat zudem den Vorteil, dass sie mit steigenden Temperaturen gegenläufig zur Spannung zunächst abnimmt, wodurch eine Kompensation der beiden Effekte eintritt.

Durch die Abstimmung der Sättigung des Magnetmaterials auf eine gewünschte Spannung wird somit eine weitere Spannungsregelung überflüssig.

Der Oszillator der erfindungsgemäßen elektronischen Schaltung kann mittels eines analogen Komparators, aber ebenso mittels eines digitalen PLLs (phase locked loop)

realisiert werden. Wird ein PLL verwendet, so sollte für die Rückkopplung sowohl der Ausgang des Wechselrichters als auch der Ausgang des Resonanzkreises erfasst werden, um davon ausgehend eine Einstellung auf eine Phasendifferenz von genau 90° zu ermöglichen.

5

Der Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

10

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltung mit einem analogen Komparator,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines Oszillators der erfindungsgemäßen Schaltung,

Fig. 3 die an dem Oszillator aus Figur 2 auftretenden Spannungen, und

15

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltung mit einem PLL-Regler.

20

Das Blockschaltbild in Figur 1 veranschaulicht schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen elektronischen Schaltung, die zur Zündung einer Hochdrucklampe eingesetzt werden soll.

25

Die dargestellte elektronische Schaltung weist eine Gleichspannungsquelle 11 auf, die mit einem über Schaltelemente ansteuerbaren Wechselrichter 12 verbunden ist. An den Ausgang des Wechselrichters 12 ist ein Resonanzkreis 13 geschaltet, der die Zündspannung für die Hochdrucklampe zur Verfügung stellen soll.

30

Eine Antenne 17, die als offenes Ende einer Kupferfläche auf der Leiterplatte ausgebildet ist, wird als Detektor für die tatsächliche Resonanzfrequenz eingesetzt und ist über eine Anpassschaltung 16 mit einem Komparator 14 verbunden. Der Ausgang des mit

17
einer Hysterese versehenen Komparators 14 ist auf die Anpassschaltung 16 rückgekoppelt. Das Ausgangssignal des Komparators 14 wird außerdem über ein Laufzeitglied 15 den Schaltelementen des Wechselrichters 12 zugeführt.

- 5 Anpassschaltung 16 und Komparator 14 bilden zusammen einen Oszillator, der ohne Verstimmung zumindest in der Nähe eines ganzzahligen Bruchteils der zu erwartenden Resonanzfrequenz des Resonanzkreises 13 arbeitet.

- 10 Die elektronische Schaltung aus Figur 1 kann dabei einen Teil einer Beleuchtungseinrichtung bilden, in der eine (nicht dargestellte) Hochdrucklampe mit dem Resonanzkreis 13 verbunden ist.

- Für die erfindungsgemäße Frequenzregelung erfasst die Antenne 17 den Spannungsverlauf über dem Resonanzkreis und führt sie der Anpassschaltung 16 zu. Aufgrund der
15 kapazitiven Ausgestaltung der Antenne 17 werden hohe Spannungen im Resonanzkreis durch die Antenne 17 mit einer Amplitudenabschwächung erfasst, der weitergeleitete Spannungsverlauf spiegelt aber für jede Spannung die Frequenz im Resonanzkreis wieder. Die Anpassschaltung 16 gibt den erhaltenen Spannungsverlauf so an den Komparator 14 weiter, dass die Nulldurchgänge gerade dann zeitgleich mit dem Umschalten
20 des Komparators 14 erfolgen, wenn die Ausgangsfrequenz des Komparators 14 genau einem ganzzahligen Bruchteil der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises 13 entspricht.

- Um dies zu erreichen, wird die Phasenlage der Einkopplung des Antennensignals so gewählt, dass ein Nacheilen des Nulldurchgangs, das darauf hinweist, dass die Resonanzfrequenz niedriger ist als die aktuelle Oszillatorfrequenz, zu einer Verzögerung des
25 Umschaltens durch den Komparator führt. Ein Vorauseilen des Nulldurchgangs dagegen, das darauf hinweist, dass die Resonanzfrequenz höher ist als die aktuelle Oszillatorfrequenz, führt zu einer Beschleunigung des Umschaltens durch den Komparator. Die Phasenlage des durch die Antenne 17 erfassten Spannungssignals ist dabei um 90°
30 phasenversetzt gegenüber dem Signal am Ausgang des Wechselrichters 12, wenn die

resultierende Schaltfrequenz genau ein ganzzahliger Bruchteil der natürlichen Resonanzfrequenz des Schwingkreises ist.

Das Ausgangssignal des Komparators 14, dessen Umschaltzeiten somit genau auf einen Bruchteil der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises 13 abgestimmt sind, wird dann zur Ansteuerung des Wechselrichters 12 mit einem Bruchteil der Resonanzfrequenz eingesetzt.

Die endgültige Phasenlage des Signals, mit der der Wechselrichter 12 angesteuert wird, wird durch eine Programmierung des Laufzeitglieds 15 aus Figur 1 festgelegt.

Gegenüber der Hochspannung des Resonanzkreises 13 weist das Ausgangssignal des Komparators 14 eine Phasenverschiebung von 90° auf, wenn der Oszillator genau auf einen ganzzahligen Bruchteil der Resonanzfrequenz eingestellt ist. Liegt die Oszillatorfrequenz weit oberhalb eines ganzzahligen Bruchteils der Resonanzfrequenz, so ist das Ausgangssignal des Komparators 14 gegenüber der Hochspannung des Resonanzkreises 13 um 180° phasenverschoben. Liegt die Oszillatorfrequenz dagegen weit unterhalb eines ganzzahligen Bruchteils der Resonanzfrequenz, so ist das Ausgangssignal des Komparators 14 gegenüber der Hochspannung des Resonanzkreises 13 nicht phasenverschoben.

Zur Anpassung der Phase des Ausgangssignals des Komparators 14 an die Phase, die an dem Wechselrichter 12 zur Anregung des Resonanzkreises 13 mit einer Oberschwingung der Resonanzfrequenz erforderlich ist, sieht das Laufzeitglied 15 deshalb eine Phasenverschiebung von 90° oder eine entsprechende Phasenverschiebung von $90^\circ + n \cdot 180^\circ$ vor, wobei n eine natürliche Zahl ist. Phasenverschiebungen um mehr als 270° sind allerdings aufgrund der daraus resultierenden großen Verzögerung zwischen Messung und Ansteuerung weniger vorteilhaft.

14

Damit die unvermeidlich auftretenden Verzögerungszeiten während der Verarbeitung in der Schaltung eine genaue Abstimmung nicht verhindern, bewirkt das Laufzeitglied 15 außerdem eine entsprechende Kompensation der Verzögerung in dem Signalweg von dem Komparator 14 zu dem Wechselrichter 12. Das kann erreicht werden, indem in

5 dem Laufzeitglied 15 eine feste Phasenverschiebung von beispielsweise 270° reduziert um die zuvor bestimmten, entwurfsabhängigen Verzögerungszeiten in der Schaltung festgesetzt wird. Die erforderliche Invertierung aufgrund des gegensätzlichen Vorzeichens bei 90° und bei 270° kann dann beispielsweise in dem Wechselrichter erfolgen.

10 Figur 2 zeigt eine mögliche Ausgestaltung des durch die Antenne 17, die Anpassschaltung 16 und den Komparator 14 gebildeten Oszillators. Der in Figur 2 dargestellte analoge Oszillator soll die Resonanz in dem Resonanzkreis 13 dabei mit einer Oberschwingung der Resonanzfrequenz mit einer Ordnungszahl von $k=3$ anregen.

15 In der Oszillatorschaltung ist ein Kondensator C32 mit 0,1 pF, der die kapazitive Antenne 17 repräsentiert, über einen Widerstand R32 einem ersten Eingang 2 eines als Komparator arbeitenden Operationsverstärkers 21 verbunden. Die Verbindung zwischen dem Kondensator C32 und dem Widerstand R32 ist über einen weiteren Kondensator C37 mit 120 pF mit Masse verbunden. Die beiden Kondensatoren C32 und C37

20 bilden einen Spannungsteiler für die von der Antenne erfassten Spannung.

Die Verbindung zwischen dem Widerstand R32 und dem ersten Eingang 2 des Operationsverstärkers 21 ist einerseits über einen Widerstand R20 mit Masse verbunden und andererseits über einen Widerstand R19 mit einer ersten Versorgungsspannung.

25 Zusätzlich ist ein weiterer Widerstand R1 über einen Kondensator C38 mit dem Ausgang 7 des Operationsverstärkers 21 verbunden. Die Widerstände R19, R20 und R1 sowie der Kondensator C38 bewirken die Hysterese des Komparators 14. Der Kondensator C38 verhindert gleichzeitig eine Rückwirkung von Gleichspannungskomponenten, wodurch die Symmetrie der Ausgangsspannung des Operationsverstärkers 21 und damit

30 des gesamten Oszillators gewährleistet wird.

An dem Operationsverstärker 21 liegt eine zweite Versorgungsspannung an.

Der Ausgang 7 des Operationsverstärkers 21 ist des weiteren über einen Widerstand
5 R18 auf den zweiten Eingang 3 des Operationsverstärkers 21 rückgekoppelt, wodurch
die Ausgangsfrequenz des Operationsverstärkers 21 auf die über die kapazitive Antenne
C32 erfasste Resonanzfrequenz des Resonanzkreises 13 abgestimmt werden kann. Die
Verbindung zwischen dem Widerstand R18 und dem zweiten Eingang 3 ist dabei über
einen frequenzbestimmenden Kondensator C27 mit 100 pF mit Masse verbunden. An
10 dem zweiten Eingang 3 des Operationsverstärkers 21 liegt somit die Spannung über
dem Kondensator C27 an.

Solange über die Antenne C32 kein Signal empfangen wird, stellt sich am Ausgang 7
des Operationsverstärkers 21 ein rechteckförmiges Ausgangssignal mit einer bestimm-
15 ten Grundfrequenz ein. Diese Grundfrequenz des Ausgangssignals liegt aufgrund der
für die Hystereseschaltung eingesetzten Komponenten des Kondensators C27 und des
Widerstandes R18 in der Nähe von $1/3$ der zu erwartenden Resonanzfrequenz des
Resonanzkreises.

20 In Figur 3 sind die an dem Oszillator während der Frequenzregelung auftretenden Span-
nungen in einem Diagramm dargestellt. In dem Diagramm sind dabei die jeweiligen
Spannungen als vier Kurven 31 bis 34 in Volt über der Zeit in μs aufgetragen.

Kurve 31 stellt das durch die kapazitive Antenne C32 erfasste Signal dar. Dieses Signal
25 31 setzt sich zusammen aus einer im wesentlichen sinusförmige Schwingung mit einer
Amplitude von etwa 8 V und aus einer Gleichspannungskomponente von etwa 2,5 V.

Kurve 32 stellt das Signal am ersten Eingang 2 des Operationsverstärkers 21 dar. Dieses
Signal 32 ist zum einen aufgrund des Spannungsteilers gegenüber dem von der Antenne
30 C32 erfassten Signal 31 gedämpft. Zum anderen ist ihm eine zusätzliche, alternierende

Gleichspannungskomponente überlagert, die durch die Rückkopplung des Ausgangs 7 des Operationsverstärkers 21 über die Hystereseschaltung bewirkt wird. Die gesamte Gleichspannungskomponente wird jeweils etwa nach drei Halbschwingungen des von der Antenne erfassten Hochspannungssignals von einem höheren Wert von ca. 3V auf einen niedrigeren Wert von ca. 2V und umgekehrt umgeschaltet. Die zusätzliche, alternierende Gleichspannungskomponente beträgt somit etwa ± 0.5 V.

Kurve 33 stellt das rechteckförmige Ausgangssignal des Operationsverstärkers 21 an Ausgang 7 dar, das aus dem Vergleich der an dem ersten Eingang 2 und an dem zweiten Eingang 3 des Operationsverstärkers 21 anliegenden Spannungen resultiert. Das rechteckförmige Ausgangssignal 33 alterniert dabei zwischen ca. 0 V und ca. 5 V.

Kurve 34 schließlich stellt die von dem Ausgang 7 des Operationsverstärkers 21 rückgekoppelte, aufgrund des Kondensators C27 dreieckförmige Spannung dar, die an dem zweiten Eingang 3 des Operationsverstärkers 21 anliegt. Der Verlauf der dreieckförmigen Spannung führt dabei jeweils von unter 2 V auf über 3 V und zurück.

Die Kurven 32 und 34 schneiden sich jeweils etwa im Nulldurchgang der über die Antenne C32 erfassten Spannung 31, und bei jedem Schneiden wird ein Umschalten des Operationsverstärkers 21 bewirkt. Durch die Rückkopplung wird dafür gesorgt, dass sich das Umschalten genau in die Nulldurchgänge des Signals 31 verschiebt. Sobald das Umschalten genau zeitgleich mit den Nulldurchgängen der von der Antenne 7 erfassten Spannung erfolgt, ist die Ausgangsfrequenz des Komparators genau der gewünschte ganzzahlige Bruchteil der Resonanzfrequenz von $1/3$.

In Figur 4 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen elektronischen Schaltung dargestellt, die auf dem Einsatz einer PLL basiert.

Die Schaltung aus Figur 4 umfasst wiederum eine Gleichspannungsquelle 11, die über einen Wechselrichter 12 mit einem Resonanzkreis 13 verbunden ist. Ebenso umfasst die

Schaltung wiederum eine Antenne 17 als Detektor für die tatsächliche Resonanzfrequenz:

- Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel wird das Ausgangssignal der Antenne 17 hier aber einem PLL-Regler 18 zugeführt. Zusätzlich wird dem PLL-Regler 18 das Ausgangssignal des Wechselrichters 12 zugeführt. Das Ausgangssignal des PLL-Reglers 18 wird außerdem unmittelbar auf die Schaltelemente des Wechselrichters 12 rückgekoppelt.
- 10 Der PLL-Regler 18 ist so dimensioniert, dass sich an seinem Ausgang, ausgehend von einem gewünschten Bruchteil der erwarteten Resonanzfrequenz, eine Frequenz einstellt, bei der das Wechselrichterausgangssignal und die Spannung am Resonanzkreis 13 eine Phasenverschiebung von 90 Grad aufweisen. Eine Kompensation der übrigen Verzögerungen in der Schaltung durch ein Laufzeitglied wird dadurch unnötig.
- 15 Auch die elektronische Schaltung aus Figur 4 kann einen Teil einer Beleuchtungseinrichtung bilden, in der eine (nicht dargestellte) Hochdrucklampe mit dem Resonanzkreis 13 verbunden ist.
- 20 Die beschriebenen Ausführungsformen stellt nur zwei von verschiedenen möglichen Ausgestaltungen der Erfindung dar.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektronische Schaltung zum Zünden einer Hochdrucklampe mit
einem Resonanzkreis (13) zum Bereitstellen einer Zündspannung für die Hoch-
drucklampe,
- einem Wechselrichter (12) zum Erzeugen einer Wechselspannung, mit der der
Resonanzkreis (13) angeregt wird,
5 - einem Oszillator (14,16,17) zum Ansteuern des Wechselrichters (12), wobei die
Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszillators (14,16,17) wenigstens in
der Nähe eines ganzzahligen Bruchteils der Resonanzfrequenz des Resonanz-
kreises (13) liegt, und
10 - einer Rückkopplung (17) von dem Resonanzkreis (13) zu dem Oszillator
(14,16,17), durch die die Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszillators
(14,16,17) so verstimmt wird, dass die resultierende Frequenz der Ausgangs-
spannung des Oszillators (14,16,17) im wesentlichen genau dem ganzzahligen
Bruchteil der Resonanzfrequenz entspricht, in dessen Nähe die Grundfrequenz
15 der Ausgangsspannung des Oszillators (14,16,17) liegt.
2. Elektronische Schaltung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rückkopplung eine kapazitive Antenne (17) zum Erfassen der Ausgangsspan-
20 nung des Resonanzkreises (13) umfasst.
3. Elektronische Schaltung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die kapazitive Antenne (17) durch eine Leiterbahngestaltung auf einer gedruckten
25 Schaltung ausgebildet ist.

4. Elektronische Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Signalweg von dem Oszillator (14,16,17) zu dem Wechselrichter ein
Verzögerungsglied (15) enthalten ist.
5. Elektronische Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Oszillator (14,16,17) einen analogen Komparator (14,21) umfasst.
- 10 6. Elektronische Schaltung Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Oszillator (14,16,17) eine Hysterese aufweist, die den ganzzahligen Bruchteil
der Resonanzfrequenz festlegt, in dessen Nähe die Grundfrequenz der Ausgangsspan-
nung des Oszillators (14,16,17) liegt.
- 15 7. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Oszillator eine digitale Schaltung, insbesondere einen digitalen PLL (phase
locked loop) (18), umfasst.
- 20 8. Elektronische Schaltung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die digitale Schaltung (18) sowohl das Signal des Resonanzkreises (13) als auch
das Ausgangssignal des Wechselrichters (12) zur Frequenzregelung verwendet.
- 25 9. Elektronische Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Resonanzkreis (13) eine Resonanzspule umfasst, deren Magnetmaterial bei
einer vorgegebenen Spannung, insbesondere der bestimmungsgemäßen Zündspannung
30 der Hochdrucklampe, in Sättigung geht.

10. Beleuchtungssystem mit einer elektronischen Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche und mit einer mit dem Resonanzkreis (13) der elektronischen Schaltung verbundenen Hochdrucklampe.

5 11. Verfahren zum Zünden einer Hochdrucklampe mittels eines von einem Wechselrichter (12) mit einer Wechselspannung versorgten Resonanzkreises (13), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- 10 a) Ansteuern des Wechselrichters (12) durch eine von einem Oszillator (14,16,17) ausgegebene Spannung, sodass der Wechselrichter (12) eine Wechselspannung ausgibt, wobei die Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszillators (14,16,17) zumindest in der Nähe eines Bruchteils der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises (13) liegt;
- 15 b) Anlegen der von dem Wechselrichter (12) ausgegebenen Wechselspannung an den Resonanzkreis (13), um in dem Resonanzkreis (13) eine Schwingung anzuregen;
- c) Rückkoppeln der im Resonanzkreis (13) bewirkten Schwingung auf den Oszillator (14,16,17), sodass die Frequenz der Ausgangsspannung des Oszillators (14,16,17) auf einen Wert eingestellt wird, der im wesentlichen genau dem Bruchteil der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises entspricht, in dessen Nähe
- 20 d) Wiederholen der Schritte a) bis c), bis eine für eine Zündung der Hochdrucklampe erforderliche Spannung am Resonanzkreis (13) erreicht ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11,

25 dadurch gekennzeichnet,

dass in Schritt a) das von dem Oszillator (14,16,17) ausgegebene Signal verzögert zur Ansteuerung des Wechselrichters (12) weitergeleitet wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Elektronische Schaltung und Verfahren zum Zünden einer Hochdrucklampe sowie Beleuchtungseinrichtung

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung zum Zünden einer Hochdruck-
5 lampe. Ein Resonanzkreis 13 der Schaltung soll dabei die Zündspannung für die
Hochdrucklampe bereitstellen. Um eine genaue Einstellung der Resonanzfrequenz in
dem Resonanzkreis zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass die Schaltung des weite-
ren einen Wechselrichter 12 zum Erzeugen einer Wechselspannung aufweist, mit der
der Resonanzkreis 13 angeregt wird, sowie einen Oszillator 14,16,17 zum Ansteuern
10 des Wechselrichters 12, wobei die Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszilla-
tors wenigstens in der Nähe eines ganzzahligen Bruchteils der Resonanzfrequenz des
Resonanzkreises 13 liegt. Schließlich wird vorgeschlagen, dass die Schaltung eine
Rückkopplung 17 von dem Resonanzkreis 13 zu dem Oszillator 14,16,17 aufweist,
durch die die Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Oszillators so verstimmt wird,
15 dass die resultierende Frequenz der Ausgangsspannung des Oszillators im wesentlichen
genau dem ganzzahligen Bruchteil der Resonanzfrequenz entspricht. Die Erfindung
betrifft ebenso eine entsprechende Beleuchtungseinrichtung und ein entsprechendes
Verfahren.

20 Fig. 1

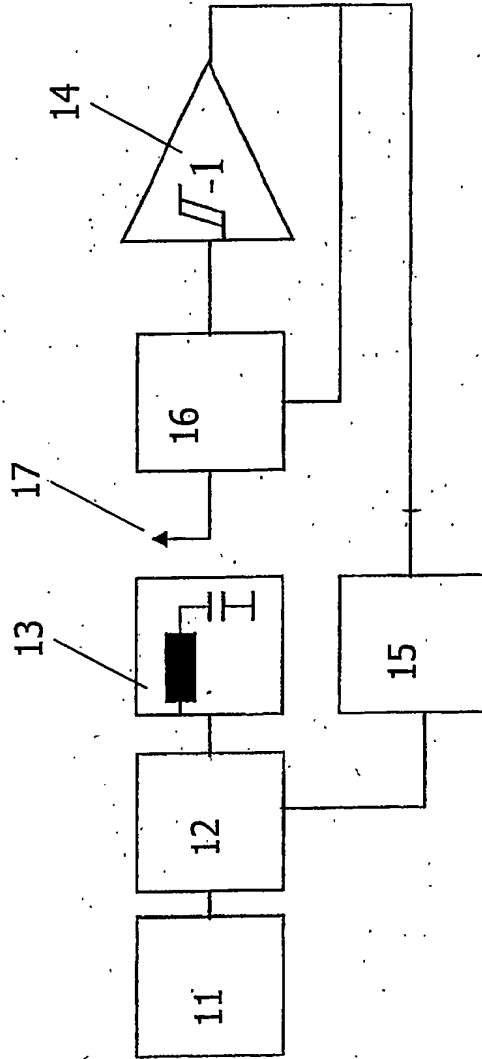


FIG. 1

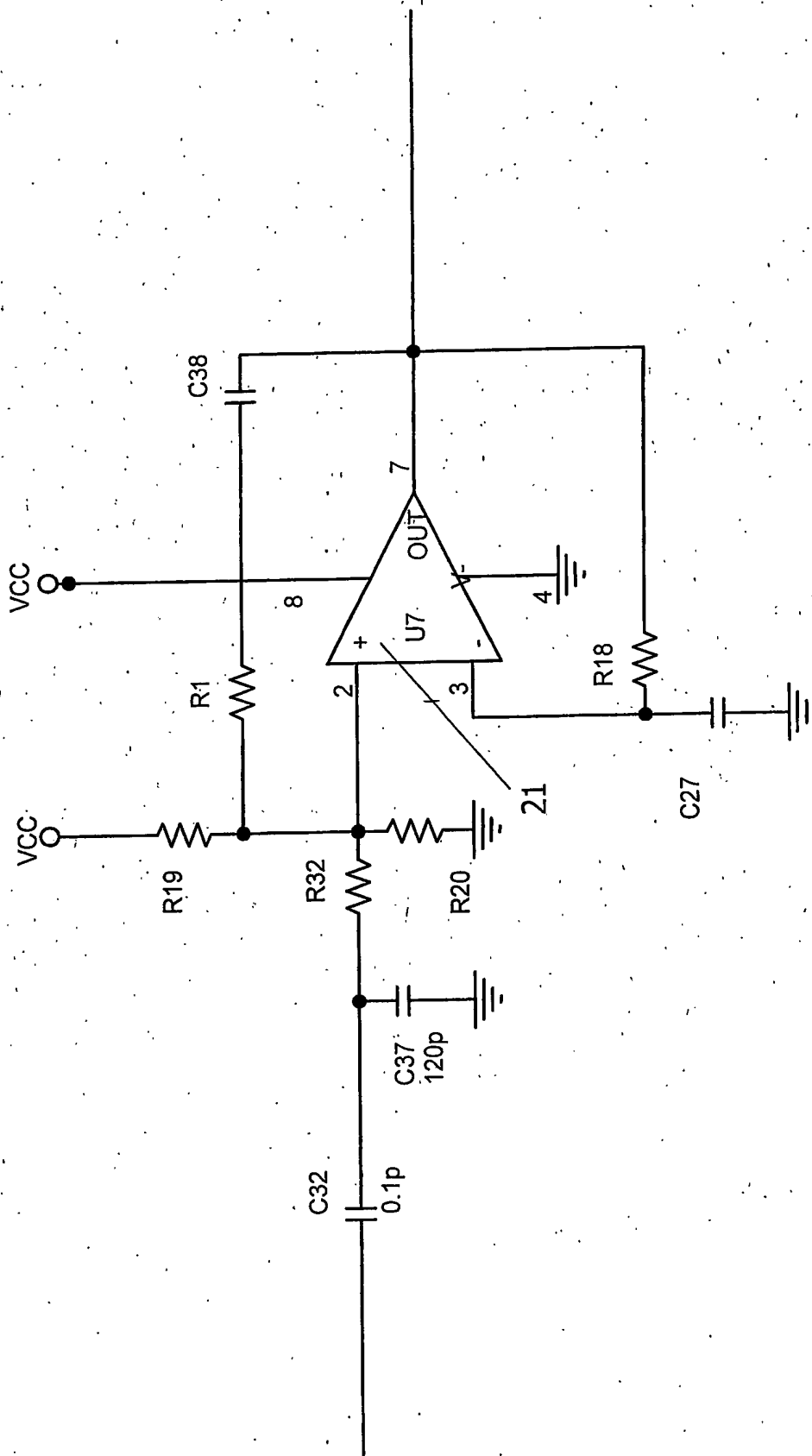


FIG. 2

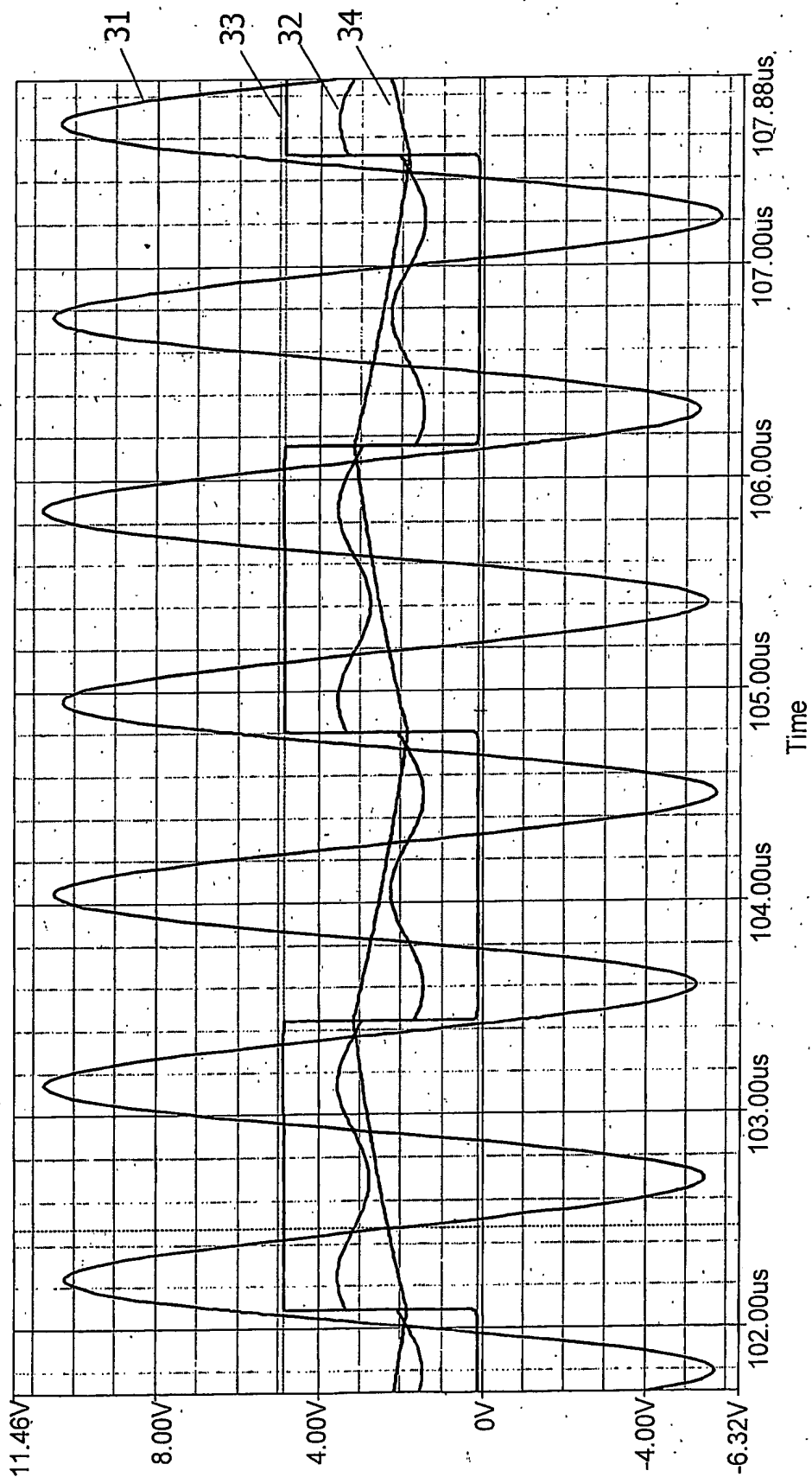


FIG. 3

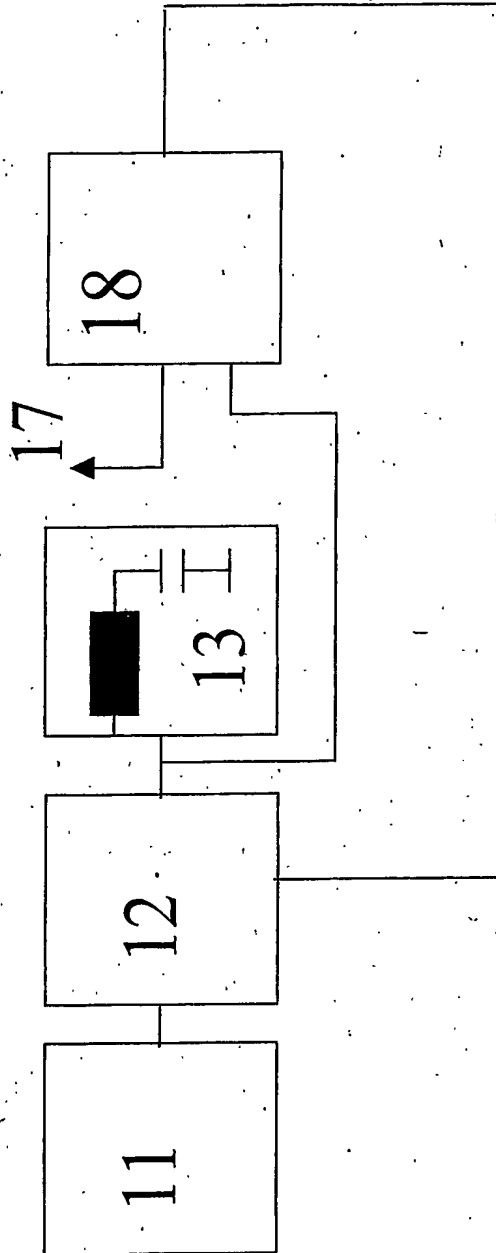


FIG. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.